

# (19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. G02F 1/00	(11) 공개번호 (43) 공개일자	특2001-0090166 2001년10월18일
(21) 출원번호	10-2000-0014821	
(22) 출원일자	2000년03월23일	
(71) 출원인	삼성전자 주식회사, 윤종용 대한민국 442-803 경기 수원시 팔달구 매탄3동 416	
(72) 발명자	이상동 대한민국 449-900 경기도용인시기흥읍신갈리삼익아파트101동1306호	
(74) 대리인	이영필 조혁근 이해영	
(77) 심사청구	있음	
(54) 출원명	전계 흡수형 광변조기	

## 요약

본 발명은 전계 흡수형 광변조기(Electro-absorption typed optical modulator)를 기재한다. 본 발명에 따른 전계 흡수형 광변조기는 종래의 전계 인가로 인하여 삼각형으로 변하는 에너지 장벽층으로 인한 광흡수력 저하를 개선 보완하기 위해서 다중양자우물 구조의 장벽층에 확산거리가 짧은 실리콘 도펀트(dopant)를 사용하여 도핑함으로써 장벽층의 전압 강하를 줄여 전도대 우물구조의 전자 구속력을 높여, 전계에 따른 광흡수 능력을 향상시켜서 소자의 'ON' 상태와 'OFF' 상태에서의 광출력 세기의 차이가 커지고, 또한, 이로 인해 낮은 전압 구동이 가능하여 동작 대역( bandwidth )이 넓어진다.

## 대표도

도3

명세서

## 도면의 간단한 설명

도 1은 기존의 전계 흡수형 광 변조기의 다중양자우물층의 장벽층이 가지는 사각형 모양의 전도대 에너지 밴드 다이어그램,

도 2는 도 1의 전계 흡수형 광 변조기에 전기장이 인가된 경우 다중양자우물층의 장벽층이 가지는 삼각형 모양의 전도대 에너지 밴드 다이어그램,

도 3은 본 발명에 따른 전계 흡수형 광 변조기에 높은 전기장이 인가된 경우 다중양자우물층의 장벽층이 가지는 사각형 모양의 전도대 에너지 밴드 다이어그램,

도 4는 도 3의 에너지 밴드 다이어그램을 갖는 전계 흡수형 광변조기의 개략적 구성을 나타낸 수직 단면도,

그리고 도 5는 전계 흡수형 광변조기에 인가된 전기장과 전자의 파동함수누설(wave function leakage)과의 관계(InGaAsP/InGaAsP MQW의 예)를 나타낸 그래프이다.

## <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

⑩ : 장벽층                      ⑪ : 우물층

V : 전도대의 에너지 밴드 offset

E : 전도대 전자의 첫번째 에너지 준위

L : 장벽층의 폭

CB : 전도대

F : 다중양자우물에 걸리는 외부 전기장

10 : 기판                      20 : 클래드(Clad)층

30. 다중양자우물층                      31 : n-도핑된 장벽층

32 : undoped 우물층                      40 : 오믹-콘택층

## 발명의 상세한 설명

## 발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 전자 흡수형 광변조기(Electro-absorption typed optical modulator)에 관한 것이다.

광통신에서 광신호를 변조하는 것은 매우 기본적이며 중요한 과정이다. 현재 사용되는 광변조 방식으로는 레이저 다이오드의 전류를 조절함으로써 신호를 변하게 하는 직접 변조 방식과 따로 변조기를 두어 빛을 통과시키는 외부 변조 방식이 있다.

빛을 흡수하는 광변조기의 다중양자우물(multi-quantum well)구조의 물질로써 InGaAs(P)/InGaAsP 또는 InGa(Al)As/InAlAs 물질 등이 사용되고 있다. 특히, 前者의 경우 전도대의 낮은 에너지 밴드 오프셋(offset)( $\sim 100\text{meV}$ )으로 전기장이 주어짐에 따라 도 1에 도시된 바와 같은 사각모양의 장벽층이 도 2에 도시된 바와 같은 삼각모양의 장벽층으로 쉽게 전환된다. 이러한 경우 전도대 우물구조 내에 있는 전자들의 구속력이 현저히 감소되어 소자의 광흡수력이 현저히 저하된다. 참고로, 도 1 및 도 2에서, 부호 ㉔는 장벽층을 나타내며, 부호 ㉕는 우물층을 나타내며, 부호 V는 전도대의 에너지 밴드 편차(offset)를 나타내며, 부호 E는 전도대 전자의 첫번째 에너지 준위를 나타내며, 부호 L은 장벽층의 폭을 나타내며, 부호 CB는 전도대를 표시하며, 부호 F는 다중양자우물에 인가되는 외부 전기장을 나타낸다.

## 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기와 같은 문제점을 개선하고자 창안한 것으로, 광변조기 내에서 광을 흡수하는 다중 양자우물구조를 개선하여 전계에 따른 광흡수 능력을 향상시켜서 소자의 'ON' 상태와 'OFF' 상태에서의 광출력 세기의 차이를 크게하여 성능을 향상시킨 외부 변조 방식을 사용하는 전계 흡수형 광변조기를 제공하는데 그 목적이 있다.

## 발명의 구성 및 작용

상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 전계 흡수형 광변조기는, 반도체 기판; 상기 반도체 기판 상에 적층된 하부 크래드층; 상기 하부 크래드층 상에 적층된 장벽층과 undoped 우물층의 겹층이 복수회 겹쳐 적층된 다중양자우물층; 상기 다중양자우물층 상에 적층된 상부 크래드층; 및 상기 상부 크래드층 상에 적층된 오믹-콘택층;이 순차로 적층된 전계 흡수형 광변조기에 있어서, 상기 다중양자우물층의 장벽층이 불순물로 도핑된 것이 바람직하다.

본 발명에 있어서, 상기 장벽층은 확산 거리가 소정 거리 이하인 실리콘 도펀트로 도핑하되,  $10^{17}/\text{cm}^3$  대의 농도로 도핑하는 것이 바람직하다.

이하 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 전계 흡수형 광변조기를 상세하게 설명한다.

본 발명은 외부 변조 방식을 사용하는 전계 흡수형 광변조기의 성능을 향상시키기 위한 것이다. 즉, 본 발명에 따른 전계 흡수형 광변조기는 종래의 전계 인가로 인하여 삼각형으로 변하는 에너지 장벽층으로 인한 광흡수력 저하를 개선 보완하기 위해서 다중양자우물 구조의 장벽층에 확산거리가 짧은 실리콘 도펀트(dopant)를 사용하여 도핑함으로써 장벽층의 전압 강하를 줄여 전도대 우물구조의 전자 구속력을 높인 것을 특징으로 한다. 이와 같이, 장벽층의 전압 강하를 줄여 전도대 우물구조의 전자 구속력을 높임으로써 전계에 따른 광흡수 능력을 향상시켜서 소자의 'ON' 상태와 'OFF' 상태에서의 광출력 세기의 차이를 크게하고, 또한, 이로 인해 낮은 전압 구동이 가능하여 동작 대역(bandwidth)이 넓어지게 한다.

도 3은 본 발명에 따른 양자 우물 구조가 개선된 전계 흡수형 광변조기에서 양자우물구조의 에너지 밴드 구조를 나타낸다. 다중양자우물 구조의 장벽층에 각각 실리콘 도핑이 되어 장벽층이 사각모양의 에너지 밴드 구조를 가지게 된다. 이와 같이, 본 발명에 따른 양자우물구조가 개선된 전계 흡수형 광변조기의 개략적 단면도가 도 4에 도시되어 있다.

도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 전계 흡수형 광변조기는, 기판(10) 상에 하부 크래드층(20), n-장벽층(31)과 undoped 우물층(32)의 겹층이 복수회 겹쳐 적층된 다중양자우물층(30), 상부 크래드(Clad)층(20') 및 오믹-콘택층(40)이 순차로 적층된 구조를 갖는다. 이 구조에서, 다중양자우물층(30)의 n-장벽층(31)이 도핑된 점이 본 발명의 특징이고, 반면 종래의 전계 흡수형 광변조기에는 장벽층을 도핑하지 않는 구조를 가진다.

이와 같이 형성된 전계 흡수형 광변조기의 동작원리는 다음과 같다.

도 3에 도시된 바와 같이, 장벽층(31)에 확산거리가 짧은 실리콘 n형 도펀트를 도핑함으로써 장벽층(31)이 가지는 저항값을 작게하여 장벽층(31)에서의 전압강하를 막게 된다. 특히, 장벽층(31)은  $10^{17}/\text{cm}^3$  대의 농도로 도핑하는 것이 바람직하다. 이로 인해 외부에서 인가된 전기장이 주로 비도핑된 우물층(32)과 다른 undoped된 영역에만 주어지게 된다. 따라서 전기장이 걸려있는 다중양자우물층(30)의 전도대에 있는 전자들이 삼각 모양의 우물[장벽]층(32)에 의해 구속되지 않고 사각 모양의 장벽층(31)에 의해 구속됨으로써 우물층(32)에 남아있는 전자들의 수가 많아지고 전자와 전공 사이의 overlap integral이 커짐으로써 광흡수계수가 커져서 광변조기의 광흡수력이 증가하게 된다. 전기장이 걸리는 OFF'상태에서의 광흡수력의 증가는 광변조기의 광출력 세기 차이를 증가시켜서 저전압 구동이 가능토록 한다.

이러한 효과를 기존의 광변조기와 비교하기 위해 도 5에 도시된 바와 같이 전자의 파동함수누설(wave function leakage) 관점에서 나타내어 보았다. 즉, 도 5는 다중양자우물층(MQW)이 InGaAsP/InGaAsP의 겹층들로 형성된 전계 흡수형 광변조기에 인가된 전기장과 전자의 파동함수누설(wave function leakage)과의 관계를 나타낸 그래프이다. 여기서, "가"로 표시된 곡선이 기존의 삼각모양의 전도대 에너지 밴드를 갖는 장벽층을 갖는 광변조기에서의 전기장에 따른 파동함수누설을 나타낸 그래프이고, "나"로 표시된 곡선이 본 발명의 사각모양의 전도대 에너지 밴드를 갖는 장벽층을 가지는 광변조기에서의 전기장에 따른 파동함수누설을 나타낸 그래프이다. 여기서 구해진 값들은 Wentzel-Kramers-Brillouin 방법으로 얻어진 아래 수식식 1과 수식식 2를 사용하여 InGaAsP/InGaAsP MQW에서의 외부 전기장에 따른 파동함수누설의 한 예이다. 전기장에 의하여 삼각 모양으로 변하는 장벽층은 소자의 광흡수력을 저하시키는 결과를 가져온다.

## 수학식 1

$$T_{rect} \sim \exp \left\{ \frac{2L\sqrt{2m^*}}{\hbar} \left[ (V-E)^{\frac{1}{2}} - \frac{1}{4} FL(V-E)^{\frac{1}{2}} \right] \right\}$$

## 수학식 2

$$T_{tri} \sim \exp \left\{ -\frac{4\sqrt{2m^*}}{3F\hbar} \left[ (V-E)^{\frac{3}{2}} \right] \right\}$$

여기서, 수학식 1은 Wentzel-Kramers-Brillouin 방법에 의해 구해진 사각모양의 장벽층인 경우의 파동함수누설을 나타낸 식이고, 수학식 2는 WKB 방법에 의해 구해진 삼각모양의 장벽층인 경우의 파동함수누설을 나타낸 식이다.

## 발명의 효과

이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 전계 흡수형 광변조기는 종래의 전계 인가로 인하여 삼각형으로 변하는 에너지 장벽층으로 인한 광흡수력 저하를 개선 보완하기 위해서 다중양자우물 구조의 장벽층에 확산거리가 짧은 실리콘 도펀트(dopant)를 사용하여 도핑함으로써 장벽층의 전압 강하를 줄여 전도대 우물구조의 전자 구속력을 높인다. 이와 같이 함으로써, 전계에 따른 광흡수 능력을 향상시켜서 소자의 'ON' 상태와 'OFF' 상태에서의 광출력 세기의 차이가 커지고, 또한, 이로 인해 낮은 전압 구동이 가능하여 동작 대역( bandwidth )이 넓어진다. 다시말해서, 다중양자우물 구조의 장벽층에 확산거리가 짧은 실리콘 도펀트(dopant)를 도핑함으로써, 전기장이 가해지는 광변조기의 'OFF' 상태에서의 광흡수가 많아지기 때문에 광출력 세기의 차이인 On-Off 비가 커지게 된다. 이로 인해 전송거리를 늘일 수 있을 뿐 아니라, 낮은 전압구동이 가능하고 낮은 전압 구동은 동작대역을 넓히게 된다. 이러한 효과는 전도대의 에너지 offset이 작은 물질일수록 더 큰 효과를 기대할 수 있다.

## (57) 청구의 범위

## 청구항 1.

반도체 기판;

상기 반도체 기판 상에 적층된 하부 크래드층;

상기 하부 크래드층 상에 적층된 장벽층과 undoped 우물층의 겹층이 복수회 겹쳐 적층된 다중양자우물층;

상기 다중양자우물층 상에 적층된 상부 크래드층; 및

상기 상부 크래드층 상에 적층된 오믹-콘택층;이 순차로 적층된 전계 흡수형 광변조기에 있어서,

상기 다중양자우물층의 장벽층이 불순물로 도핑된 것을 특징으로 하는 전계 흡수형 광변조기.

## 청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 장벽층이 확산 거리가 소정 거리 이하인 실리콘 도펀트로 도핑된 것을 특징으로 하는 전계 흡수형 광변조기.

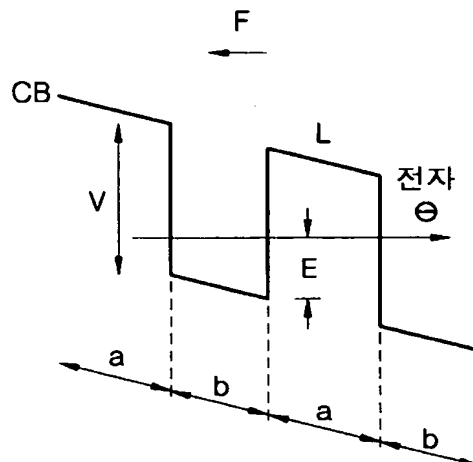
## 청구항 3.

제1항 또는 제2항에 있어서,

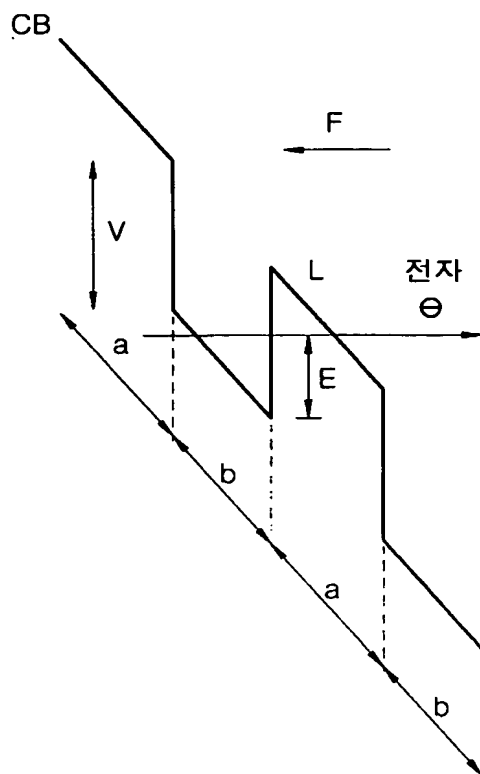
상기 장벽층은  $10^{17} / \text{cm}^3$  대의 도핑농도를 가지는 것을 특징으로 하는 전계 흡수형 광변조기.

## 도면

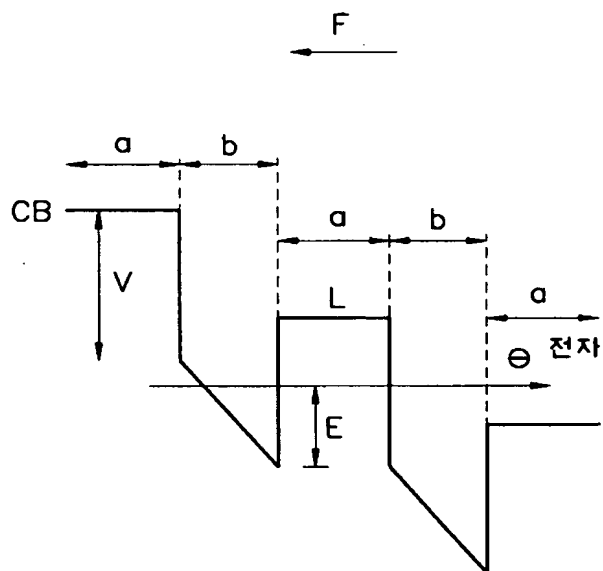
도면 1



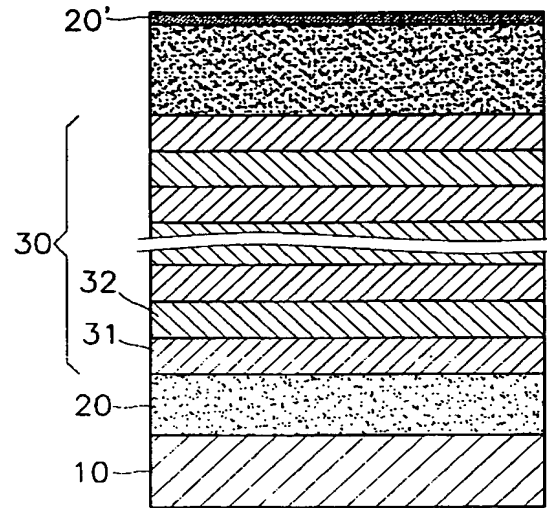
도면 2



도면 3



도면 4



도면 5

